

## BESCHREIBUNG

### BRENNER ZUR ERZEUGUNG EINES HEISSGASES

#### TECHNISCHES GEBIET

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Brennertechnik. Sie betrifft einen Brenner zur Erzeugung von Heissgasen gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

#### STAND DER TECHNIK

Die strömungsmechanische Stabilität eines Gasturbinenbrenners ist von entscheidender Bedeutung für das Auftreten thermoakustischer Schwingungen. Strömungsmechanische Instabilitätswellen, die am Brenner entstehen, führen zur Ausbildung von Wirbeln (kohärente Strukturen), die die Verbrennung beeinflussen und zu periodischer Wärmefreisetzung mit den damit verbundenen Druckschwankungen (thermoakustischen Schwingungen) führen können. Thermoakustische

Schwingungen stellen eine Gefahr für jede Art von Verbrennungsanwendungen dar. Sie führen zu Druckschwingungen hoher Amplitude, zu einer Einschränkung des Betriebsbereiches und können die Schadstoffemissionen erhöhen. Dieses trifft insbesondere für Verbrennungssysteme mit geringer akustischer Dämpfung zu. Um in bezug auf Pulsationen und Emissionen eine hohe Leistungskonversion über einen weiten Betriebsbereich zu ermöglichen, kann eine aktive Kontrolle der Verbrennungsschwingungen notwendig sein.

In der Vergangenheit sind bereits eine Vielzahl von Vorschlägen gemacht und Möglichkeiten aufgezeigt worden, wie man die unerwünschten thermoakustischen Schwingungen bei derartigen Brennern, insbesondere auch den sogenannten Doppelkegelbrennern, wie sie beispielsweise in der EP-A2-0 881 432 beschrieben sind, dämpfen oder ganz unterdrücken kann.

In der EP-A1-0 918 152 wird vorgeschlagen, die thermoakustischen Schwingungen in einem Verbrennungssystem dadurch zu kontrollieren, dass im Bereich des Brenners Mittel zur akustischen Anregung des Arbeitsgases angeordnet werden. Dies ist allerdings mit einem zusätzlichen apparativen und Regelaufwand verbunden. Ein ähnliches akustisches Konzept (EP-A1-1 050 713) arbeitet mit einer aktiven Unterdrückung durch eine rückgekoppelte Regelschleife mit entsprechender Phasendrehung.

In der EP-A1-0 987 495 wird vorgeschlagen, zur Minimierung von thermoakustischen Schwingungen in Gasturbinenbrennkammern zu dem Brennstoffstrom zusätzlich ein inertes Gas wie z.B. N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> oder dgl. zuzumischen. Dies bedeutet jedoch ein zusätzliches Versorgungs- und Leitungssystem für das zugemischte Inertgas.

Andere Lösungen modifizieren die Geometrie des Brenners, insbesondere am Brenneraustritt: In der EP-A1-1 002 992 wird vorgeschlagen, zur Kontrolle von Strömungsinstabilitäten im Brenner an der Innenseite des Brenneraustritts entlang dem Umfang eine Mehrzahl von Düsen anzuordnen, die durch Eindüsung von Luft

unter einem Winkel zur Strömungsrichtung axiale Wirbelstärke in die Strömung einbringen.

Die EP-A1-0 985 877 schlägt weiterhin vor, zur Minimierung von thermoakustischen Schwingungen in Gasturbinenbrennkammern die Strömung in axialer Richtung zu beschleunigen, indem der Brenneraustritt düsenartig ausgebildet wird, oder düsenartig geformte Anbauten am Brenner angebracht werden.

In der EP-A1-1 048 898 schliesslich wird ein Brenner (Doppelkegelbrenner) offenbart, bei dem zum Einbringen axialer Wirbelstärke im Brennerkegel eine Mehrzahl von in die Strömung hineinragenden Einbauten vorgesehen werden.

Die vorliegende Erfindung geht demgegenüber von der folgenden Ueberlegung aus: Kohärente Strukturen spielen eine entscheidende Rolle bei Mischungsvorgängen zwischen Luft und Brennstoff. Die Dynamik dieser Strukturen beeinflusst demzufolge die Verbrennung und damit die Wärmefreisetzung. Durch Beeinflussung der Scherschicht zwischen dem Frischgasgemisch und dem rezirkulierten Abgas ist eine Kontrolle der Verbrennungsinstabilitäten möglich (siehe z. B. Paschereit et al., "Structure and Control of Thermoacoustic Instabilities in a Gas-turbine Burner, Combustion, Science & Technology, Vol. 138, p. 213-232 (1998)). Insbesondere bietet es sich dabei an, die Ausbildung kohärenter Strukturen durch die Beeinflussung der Abströmgrenzschicht am Brenneraustritt zu beeinflussen.

## DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Es ist Aufgabe der Erfindung, einen Brenner zu schaffen, bei dem mit sehr einfachen konstruktiven Mitteln thermoakustische Schwingungen begrenzt bzw. ganz unterdrückt werden können.

Die Aufgabe wird durch die Gesamtheit der Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Der Grundgedanke der Erfindung ist, die Ausbildung kohärenter Strukturen so zu beeinflussen, daß die Entstehung von hochfrequenten verbrennungsgetriebenen Schwingungen verhindert wird. Kohärente Strukturen sind hierbei als Strömungswirbel zu verstehen, die durch Strömungsinstabilitäten in den sich am Brenneraustritt bildenden Scherschichten entstehen. Der Einfluß kohärenter Strukturen auf die Verbrennungsinstabilitäten ist am ausgeprägtesten, wenn die Strömungsinstabilität ihre höchste Wachstumsrate überschnitten hat und die Wirbel ihre maximale Größe erreicht haben. Die axiale Position der höchsten Wachstumsrate lässt sich unter anderem durch Änderung der Dicke der Abströmgrenzschicht beeinflussen. Durch die Verhinderung der Entstehung von Wirbelstrukturen im Bereich der Flamme wird eine periodische Wärmefreisetzung unterbunden. Eine periodische Wärmefreisetzung wäre jedoch die Grundlage für das Auftreten thermoakustischer Schwingungen, was somit verhindert wird.

Eine bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Änderung der Dicke der Abströmgrenzschicht einen Scherschichtzaun umfassen, welcher entlang der Austrittskante des Brenneraustritts verläuft und mit seiner Höhe im wesentlichen parallel zur Strömungsrichtung in den Brennraum hineinragt. Durch den Scherschichtzaun, der vorzugsweise eine Höhe von wenigen Millimetern aufweist, wird auf besonders einfache Weise die Dicke der Abströmgrenzschicht vergrößert und damit die Wirbelbildung in axialer Richtung aus dem Bereich der Flamme heraus verlagert, so dass die mit der Wirbelbildung verbundenen periodischen Wärmefreisetzungen unterbleiben.

Der Brenner ist vorzugsweise als Doppelkegelbrenner ausgebildet und umfasst wenigstens zwei hohle, kegelförmige, in Strömungsrichtung ineinander geschachtelte Teilkörper, deren Mittelachsen zueinander versetzt verlaufen, derart, dass benachbarte Wandungen der Teilkörper tangentiale Lufteintrittskanäle für das Einströmen von Verbrennungsluft in den von den Teilkörpern begrenzten Innenraum bilden, wobei die brennraumseitigen Ränder der Teilkörper die Austrittskanten des Brenneraustritts bilden.

## KURZE ERLÄUTERUNG DER FIGUREN

Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit der Zeichnung näher erläutert werden. Es zeigen

Fig. 1 in der Draufsicht von vorn (entgegen der Strömungsrichtung) die Struktur eines an sich bekannten Doppelkegelbrenners, wie er zur Verwirklichung der Erfindung besonders geeignet ist;

Fig. 2 im Längsschnitt entlang der Ebene II-II aus Fig. 1 den Doppelkegelbrenner aus Fig. 1 in der herkömmlichen Ausgestaltung;

Fig. 3 in einer zu Fig. 2 analogen Darstellung einen Doppelkegelbrenner gemäss einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung mit einem Scherschichtzaun an der Austrittskante des Brenneraustritts; und

Fig. 4 ein Diagramm von gemessenen Druckamplituden in Abhängigkeit von der thermischen Leistung eines beispielhaften Brenners mit und ohne Scherschichtzaun.

## WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

In Fig. 1 ist in der Draufsicht von vorn (entgegen der Strömungsrichtung) die Struktur eines Doppelkegelbrenners dargestellt, wie er z.B. aus der EP-A1-1 048 898 bekannt und zur Verwirklichung der Erfindung besonders geeignet ist. Der Brenner 10 umfasst zwei kegelförmige Teilkörper 11 und 12, die in einer Mittelebene gegeneinander versetzt sind, derart, dass benachbarte Wandungen der Teilkörper 11, 12 tangentiale Lufteintrittskanäle für das Einströmen von Verbrennungsluft in den von den Teilkörpern 11, 12 umgrenzten Innenraum 25 bilden. Der

Innenraum 25 öffnet sich mit einem Brenneraustritt 22 zu einem nachfolgenden Brennraum 23 (Fig. 2). Die brennraumseitigen Ränder der Teilkörper 11, 12 bilden dabei die Austrittskanten 16, 17 des Brenneraustritts 22. Um den Brenneraustritt 22 herum ist eine sich quer zur Strömungsrichtung erstreckende Frontplatte 14 angebracht, die mit einer Mehrzahl von verteilt angeordneten Bohrungen 15 versehen ist.

In den Innenraum 25 des Brenners 10 wird durch eine zentrale Brennstoffdüse 13 Brennstoff eingespritzt und mit der tangential einströmenden Luft zu einem Brennstoff-Luft-Gemisch verwirbelt. Parallel zu dem aus dem Brenneraustritt 22 austretenden Brennstoff-Luft-Gemisch strömt durch die Bohrungen 15 Luft. Das Brennstoff-Luft-Gemisch verbrennt im Brennraum 23 mit einer Flamme 20. An den Austrittskanten 16, 17 des Brenneraustritts 22 bilden sich zwischen dem ausströmenden Brennstoff-Luft-Gemisch und der umgebenden Luft eine Abströmgrenzschicht 18. In der Abströmgrenzschicht 18 bilden sich Scherschichten mit Strömungsinstabilitäten, die zur Bildung von kohärenten Strukturen in Form von Strömungswirbeln führen. Der Einfluß dieser kohärenten Strukturen auf die Verbrennungsinstabilitäten im Brennraum 23 ist am ausgeprägtesten, wenn die Strömungsinstabilität ihre höchste Wachstumsrate überschritten hat und die Wirbel 19 ihre maximale Größe erreicht haben (Fig. 2)

Liegt die Position der Wirbel maximaler Größe 19 im Bereich der Flamme 20, wie dies in Fig. 2 gezeigt ist, kommt zu periodischen Wärmefreisetzung, die zu den unerwünschten thermoakustischen Schwingungen führen. Die axiale Position der höchsten Wachstumsrate der kohärenten Strukturen lässt sich jedoch unter anderem durch Änderung der Dicke der Abströmgrenzschicht 18 beeinflussen. Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird dies dadurch erreicht, dass gemäß Fig. 3 ein Scherschichtzaun 21, z.B. in Form eines Blechstreifens, vorgesehen wird, welcher entlang der Austrittskante 16, 17 des Brenneraustritts 22 verläuft und mit seiner Höhe im wesentlichen parallel zur Strömungsrichtung in den Brennraum 23 hineinragt. Durch den vorzugsweise einige Millimeter, z.B. 5 mm hohen Scherschichtzaun 21, wird die Entstehung von Wirbelstrukturen im Bereich

der Flamme 20 und damit eine periodische Wärmefreisetzung unterbunden (die Wirbel maximaler Grösse 19 verschieben sich in einen Bereich ausserhalb der Flamme 20). Eine periodische Wärmefreisetzung wäre jedoch die Grundlage für das Auftreten thermoakustischer Schwingungen, was somit verhindert wird.

In Fig. 3 ist die Wirkung der Erfindung auf die Unterdrückung einer Druckschwingung im 1000 Hz-Bereich dargestellt. In Fig. 3 sind die mit zwei Aufnehmern gemessenen Druckamplituden (Amp) in Abhängigkeit von der thermischen Leistung (Power) eines Brenners mit Scherschichtzaun 21 (volle Kreise und Rechtecke) und ohne Scherschichtzaun (leere Kreise und Rechtecke) wiedergegeben. Man erkennt aus der Fig. 3 deutlich, dass das Auftreten der Schwingungen ab einem bestimmtem Leistungspunkt mit Hilfe des Scherschichtzauns weitgehend verhindert werden kann.

#### BEZUGSZEICHENLISTE

|        |                                  |
|--------|----------------------------------|
| 10     | Brenner (Doppelkegelbrenner)     |
| 11,12  | kegelförmiger Teilkörper         |
| 13     | Brennstoffdüse                   |
| 14     | Frontplatte                      |
| 15     | Bohrung (Frontplatte)            |
| 16,17  | Austrittskante (Brenneraustritt) |
| 18,18' | Abströmgrenzschicht              |
| 19     | Wirbel maximaler Grösse          |
| 20     | Flamme                           |
| 21     | Scherschichtzaun                 |
| 22     | Brenneraustritt                  |
| 23     | Brennraum                        |
| 24     | Mittelebene                      |
| 25     | Innenraum                        |

## PATENTANSPRÜCHE

1. Brenner (10) zur Erzeugung eines Heissgases, welcher Brenner (10) mit einem von einer Austrittskante (16, 17) berandeten Brenneraustritt (22) in einen Brennraum (23) mündet, in welchem ein aus dem Brenneraustritt (22) unter Ausbildung einer Abströmgrenzschicht (18, 18') ausströmendes Brennstoff-Luft-Gemisch nach dem Zünden des Brenners (10) eine Flamme (20) ausbildet, dadurch gekennzeichnet, dass zur Verhinderung von periodischen Wärmefreisetzung und damit verbundenen thermoakustischen Schwingungen im Brennraum (23) am Brenneraustritt (22) Mittel (21) zur Aenderung der Dicke der Abströmgrenzschicht (18, 18') angeordnet sind.

2. Brenner nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Aenderung der Dicke der Abströmgrenzschicht (18, 18') einen Scherschichtzaun (21) umfassen, welcher entlang der Austrittskante (16, 17) des Brenneraustritts (22) verläuft und mit seiner Höhe im wesentlichen parallel zur Strömungsrichtung in den Brennraum (23) hineinragt.

3. Brenner nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Höhe des Scherschichtzaunes (21) einige Millimeter, vorzugsweise etwa 5 mm, beträgt.

4. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Brenner (10) als Doppelkegelbrenner ausgebildet ist und wenigstens zwei hohle, kegelförmige Teilkörper (11, 12) umfasst, die in einer Mittelebene (24) gegeneinander versetzt sind, derart, dass benachbarte Wandungen der Teilkörper (11, 12) tangentiale Lufteintrittskanäle für das Einströmen von Verbrennungsluft in den von den Teilkörpern (11, 12) umgrenzten Innenraum (25) bilden, wobei die brennraumseitigen Ränder der Teilkörper (11, 12) die Austrittskanten (16, 17) des Brenneraustritts (22) bilden.

## ZUSAMMENFASSUNG

Bei einem Brenner (10) zur Erzeugung eines Heissgases, welcher Brenner (10) mit einem von einer Austrittskante (16, 17) berandeten Brenneraustritt (22) in einen Brennraum (23) mündet, in welchem ein aus dem Brenneraustritt (22) unter Ausbildung einer Abströmgrenzschicht (18') ausströmendes Brennstoff-Luft-Gemisch nach dem Zünden des Brenners (10) eine Flamme (20) ausbildet, wird der Brennvorgang dadurch verbessert, dass zur Verhinderung von periodischen Wärmefreisetzung und damit verbundenen thermoakustischen Schwingungen im Brennraum (23) am Brenneraustritt (22) Mittel (21) zur Änderung der Dicke der Abströmgrenzschicht (18') angeordnet sind.

(Fig. 3)